

水利工程中水闸加固施工技术应用分析

陈昱帆

温州宏源建设集团有限公司，浙江温州，325000；

摘要：水利工程是一项重要的生态工程，事关民生福祉和经济社会发展全局，充分发挥水利工作在经济社会发展中的基础性、保障性作用。而水闸直接影响到工程使用，由此可见能否有效利用这项技术显得极为关键。鉴于此，本文立足水利工程中水闸加固施工的重要作用，结合具体工程简要分析水闸加固施工技术应用策略。与此同时，提出水利工程中水闸加固施工技术的质量控制建议。

关键词：水利工程；水闸加固；施工技术；应用策略

DOI：10.69979/3060-8767.25.09.045

引言

水闸在水利工程建设中的重要性毋庸置疑。而在水闸施工期间，往往出现如防洪不达标、砼结构碳化等问题。由此可见，通过有效利用水闸加固施工技术，既有助于延长工程寿命，还能在减少工程成本的同时，提高水利工程整体效益。基于此，本文结合工程案例，简要分析该项技术的具体应用方法，具有重要的现实意义。

1 水利工程中水闸加固施工的重要作用

在水利工程中，水闸起到流量控制与水位调节等作用。但伴随水利工程投入使用，水闸会受多种因素影响而出现损坏或者老化，进而影响到水闸运行安全性。因此，采取合适的水闸加固施工技术至关重要。

1.1 有助于性能稳定

针对水闸而言，其中最重要的两个功能分别是对河流水位进行有效调节、对河道流量进行有效控制，这些功能是否可以实现稳定运转，直接影响到工程的综合效益^[1]。但是水闸又可能因为使用时间的推移，无法避免出现程度不同的损坏或者老化问题，在一定程度上影响到功能受损。但是有效借助加固施工，在第一时间对遭受损伤的结构进行相关修复，或者更换已经出现故障的一些设备，便可以实现水闸运行质量的有效提高，水闸的其他功能也能被长期使用。

1.2 有助于提高安全性

作为水利工程的核心构件，如果水闸存在安全问题，一方面直接威胁所在区域人民安全，另一方面导致环境受到很难预估的损坏，由此可见，加固水闸十分重要。究其根源在于水闸通过实现加固施工，让它的结构强度提高，通过这样的形式让水闸拥有更强的抗洪能力，在此基础上降低水闸垮塌事故发生次数。

1.3 有助于可持续发展

有关“可持续发展”，集中表现在以下两个方面。一是加固施工技术让水利工程的水闸更平稳以及安全，做到将实现资源的充分使用。二是综合运用现代环保技术以及节能技术，避免这一工程影响自然环境造，从而让水利工程得以实现持续性发展。针对这项施工技术而言，还可以在优化调度的同时，提高运行效果，带来十分理想的综合效益，进而支持我国水利事业有效发展。

2 水利工程中水闸加固施工技术的应用实践

2.1 水闸加固施工技术流程——以“高压喷射灌浆技术”为例

水闸对防洪、灌溉以及发电等都起到重要作用，而伴随着水闸设施安全隐患逐渐暴露，这些隐患直接威胁水闸正常运行、影响附近地区的安全^[2]。鉴于此，施工人员应遵循如下流程（见图1）对水闸进行除险加固。



图 1：技术流程

2.1.1 钻孔

对有加固需求的水闸区域钻孔。结合加固需求选定钻孔所在位置，并明确钻孔的数量、深度以及间距。

准备钻探工具，如钻头、钻杆等，保障工具设备都可以满足水闸加固施工要求。比如，安装钻机架力求稳固，确保钻孔作业期间钻头能对加固位置垂直对准，以期规避出现施工偏差。

按照已设定的钻孔所在位置及其深度指标，定位以及清楚标注加固区域，值得注意的是，标识一定要保证准确清晰。如果达到设定值，需要及时检查孔径情况以及钻孔质量。如果规范标准不达标，需采取针对性地调整举措。

完成施工后停止钻机，垂直将钻头与钻杆拔出，然后进行必要的清洁与维护。

2.1.2 喷射管下放

技术人员事先对喷浆嘴的畅通性进行检查。

管道放置预设深度，并且和作业目标精准对接，通过这样的形式保障防渗墙质量。如果下放的深度未能满足设计方案要求，则实施二次操作。

2.1.3 喷射灌浆

正式进行施工作业之前，相关人员需对工具设备进行全方位地检查，还不能忽视对泥浆配比、泥浆质量的检查。

喷射管紧密连接高压泵以避免漏水。相关人员认真检查管道和管道之间的连接节点，保障可以正常喷浆。

有关喷涂加固施工，施工人员在灌浆喷射处理时，保证材料能够在结构内部被充分渗透，由此形成一个完整的加固体。另外，在依据制定的施工规范的基础上充分结合材料特性，对材料每一项参数合理调节。对喷射灌浆来讲，一方面必须满足厚度要求，另一方面对孔洞进行充分填充。

2.1.4 清洗充填

结束喷射作业之后仔细清洗管道，让其内部不存在异物残留，这主要是为了避免后期使用发生堵塞的问题。

将喷头拔出后，水泥浆会被注入钻孔里。但浆液由于会受渗以及沉淀的影响出现液位下降，故而施工人员应随时补充。值得注意的是，如果作业区域地势起伏，孔口周围可以挖掘沟槽方便浆液回灌到前面的钻孔，创造回填作业便利条件。

2.2 水闸加固施工技术应用

2.2.1 工程概括

A市水利工程的水闸宽度150米，共10孔，过闸流量设计值为每秒1020立方米。水闸的闸门材料为平板钢，通过液压式启闭机开关。通过检测发现水闸底板存在不均匀沉陷，闸墩位置的沉降量为42.0厘米左右，与此同时，技术人员检查显示该闸门的闸孔稍微倾斜，并且闸门滑块磨损严重（如图2）。这些问题会直接影响水利工程，故而采取科学规范的技术方案进行水闸加固。



图2：水闸损坏问题

2.2.2 施工思路

（1）分层加固

有关此类工程施工，一定要对其现场环境充分考量，选择与之相应的施工技术。针对分层加固方法而言，因工程现场环境相对复杂，所以要格外重视土壤密度、土壤性质等指标，为提高施工质量决定进行分层施工，控制回填厚度不超过30厘米，由此提高密封防渗漏水平^[3]。

（2）搅拌桩基础处理

在加工水利工程水闸时，处理搅拌桩基础是一个常见方法，投入运营的水利工程能以扩展侧壁、灌浆处理等手段，让水闸满足侧向防渗透的要求，同时灌浆技术还可以用于加固水闸地基，进一步提高水闸整体防渗透能力。当前处理搅拌桩基础常利用喷射灌浆工艺。

（3）加固混凝土结构

水闸表面混凝土由于锈蚀而引发相应的质量问题，由此可以通过加固混凝土结构来避免。根据结构形式将其表面碳化物凿除，选择符合标准的材料类型和配比用于加固施工。值得注意的是，在此过程中需要依据工程所处环境安排观测点，主要观察水闸水位变化的各项参数。

2.2.3 施工过程

(1) 分层加固处理施工要点

通过勘探地质环境勘察掌握水利工程区域的土壤密度,并对其实施碾压测试,再利用测试结果对工程水闸地基的密封度合理控制^[4]。为保障水闸稳定性,在具体进行分层加固时清楚标注各施工层位置,也可以设置高度杆管理网。有关碾压施工,仍以施工现场为参考选择滚压长度,相邻面的重叠宽度也要符合方案标准。通过推土机来碾压,主要是利用进退错距的方法,一是轮迹长度保证为搭接轮宽度的 1/3,二是行进速度调整为二档。如果推土机无法覆盖,配合使用人工进一步夯实。

针对夯实施工而言,选择连环套打桩方案,至于施工标准是碾压测试中确定的施工参数。具体来讲,在这一过程中施工道路和压实道路之间的距离保持在 50 米以上,还要以现场情况为参考处理接缝,有关培坡需要把接缝开挖成台阶状,通过这种形式让新填土更好地结合旧边坡。为能充分保障施工质量,工作人员一定要控制好施工误差。例如,碾压铺料施工之前,严格检测压实的土壤有没有达到支撑能力指标要求,在其通过厚度检测后调整高度控制,文中的工程土壤厚度被控制在 25 ± 5 厘米内,并且土块粒径的最大值不超过 10 厘米。除此之外,工程使用的碾压材料需要添加沥青,施工人员需要严格检查材料裕度,控制铺面的宽度不能低于 30 厘米。与此同时,在实际施工过程中,必须遵守统一铺土以及统一碾压的基本原则。

(2) 搅拌桩基础处理施工要点

利用搅拌桩基础进行加固,主要是按照工程实际情况来选定最大闸墩以及底板桩长^[5]。施工单位将土方作业完成后,桩基工作面需要铺设厚度约 0.5 米的砂土。通过深层搅拌机,依据施工进度控制其应用频率以及作业时间。施工人员应事先处理现场以保障地基平整,若现场有明显凹陷则要利用黏土填充,至于软土地基也要采取相应的加固方法。同时对现场进行放线力量,并检测施工设备性能。

该工程加固工程水闸施工工艺选择的是喷射灌浆工艺。有关喷浆成桩施工,施工人员控制喷浆量为每米 6.5 千克,搅拌机保持均匀下沉。进行喷浆作业后提高喷浆量,即每米 13 千克左右,还要将出口压力控制在 0.4 到 0.6 兆帕,以此有效管控注浆速度,同时还需控制钻杆速度,即每分钟 0.6 到 0.9 米。值得注意的是,作

业全程既要记录固化剂用量,还要记录掺和剂总量。为能更好地控制质量偏差,需有技术人员把控起重设备和土地表面之间的垂直度,一般情况下偏差要求不可以超过 1%,至于控制桩的位置不可以超过 3 厘米。工程涉及提升搅拌时,倘若桩顶设计标高近于现场地面标高,有必要提高桩头质量。进行喷涂作业应保证慢速搅拌,搅拌桩既然缓慢露出还要喷涂均匀。上述施工结束后,注意前端操作设备和后端共浆的功能,即控制信号以保障喷浆提升速度。这一部分工程施工结束后的 28 日,施工人员挖掘搅拌桩桩顶上面 0.5 米的土体。

(3) 混凝土表面加固处理施工要点

通过对水利工程环境进行观察,一方面确定其碳化深度,另一方面做好结构强度的计算^[6]。文中工程利用环氧厚浆涂料对钢筋实施封闭,再按照材料配比加入相应的防水剂,在保障混凝土质量达标的基础上,在一定程度上延缓遭受锈蚀。具体使用这一方法时,需要依据闸室结构选建设材料与加固处理材料。考虑到文中水利工程所处的现场环境,选择新建交通桥来满足周围的交通出行需求。除此之外,记录水位变化、水闸参数变化等,保障混凝土表面质量和工程建设标准相符合。

3 水利工程中水闸加固施工技术的质量控制

3.1 提高桩身强度

多重管施工和单管分喷先进行高压切割再中压灌浆,但注浆孔内在切割后往往残留一定量的泥浆,由此可以通过中压灌浆进一步提高固结体强度。这种方法能让桩身拥有更高强度,但其不只在于耗时长且细节多,同时施工的整个过程都要严格控制各项技术参数。以高压切割为例,应保障桩径、灌浆量等相关参数达标,上述流程结束后还要进行补浆。这主要是因为水泥有可能出现收缩离析。因此,为了避免桩身发生断裂,需在注浆后两小时内补浆。

3.2 做好冒浆处理

灌浆管壁在旋喷施工过程中,部分土壤颗粒有可能随着浆液冒出。施工人员应时刻观察冒浆情况,且依据勘探的地层资料加以分析,适当调整旋喷参数。冒出的浆液如果比灌浆量的 1/5 高,施工人员应尽快找出原因并采用针对性举措。一般在注浆量不改变的情况下,如果压力下降需要检查各部位是否有泄漏,在必要时建议

拔出注浆管仔细检查其密封程度。如果不冒或者断续冒，有可能是因为水利工程环境的土质相对松软，这属于正常情况，施工人员对其复喷即可。施工现场周围如果存在通道或者孔洞，需要持续灌浆并在灌浆后将管道拔出。若有浆液大量冒出，可以采取以下减少浆量的方法：一是提高喷射压力，二是缩小喷嘴孔径，三是提高旋转速度。

3.3 运用防缩工艺

土壤与浆液充分混合后，因为浆液析水在固结体的顶部可能产生“凹穴”，但受不同的地层特征影响，固结体的凹陷深度也存在一定差异。一般固结体的喷射长度控制在10米左右，凹穴深度控制在0.3米到1.0米。如果深度较小，建议采取单管旋喷法，深度如果较深则应利用二重管进行旋喷处理。这一质量问题很有可能对水闸加固效果造成影响，如地基难以和建筑基础紧密贴合，或者出现“脱空”等，具体的处理方法是采用超高旋喷，即在浆液发生凝固前将冒浆回灌并振实。

3.4 严格监理，定期检查

第一，工程施工团队应实现制定科学的监督方案、检查机制，保障每个加固施工细节被落实；第二，监理工作应融入每一个工程施工环节之中，全面监管施工时间、施工步骤，以期保质保量完成对水闸的加固处理；第三，进行定期检查。即施工团队不仅在施工过程还要在施工后进行定期检查，且负责检查的工作人员必须具备丰富实践经验，保障及时发现加固施工问题并有效解

决。

4 结束语

综上所述，为确保水利工程顺利建设，应高度重视水闸加固施工。基于现阶段国内水利工程建设与发展的整体情况，以提高水闸功能为目标，在工程实际建设过程中，应从实际出发科学选择水闸加固施工技术，同时要求在施工期间严格遵循标准规范，监管施工安全隐患，进而为水闸加固施工提供有力保障。

参考文献

- [1]冯雅. 水利工程中水闸加固施工技术研究[J]. 水上安全, 2025, (04): 67-69.
- [2]韩宝华, 陈峰. 水利工程中水闸加固施工技术的应用研究[J]. 价值工程, 2025, 44(05): 149-152.
- [3]冯诗舒. 水利工程水闸加固施工技术研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(20): 99-101.
- [4]陈虹. 水利工程中水闸加固施工技术的实际应用[J]. 水上安全, 2024, (10): 160-162.
- [5]刘国鹏. 水闸加固施工技术在水利工程中的应用[J]. 科技资讯, 2024, 22(01): 110-113.
- [6]林健超. 水利工程中水闸加固施工技术的实际应用[J]. 珠江水运, 2022, (21): 68-70.

作者简介：陈昱帆，（1992.8-），女，汉族，职称：中级工程师。